

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 1 月 22 日 (22.01.2004)

PCT

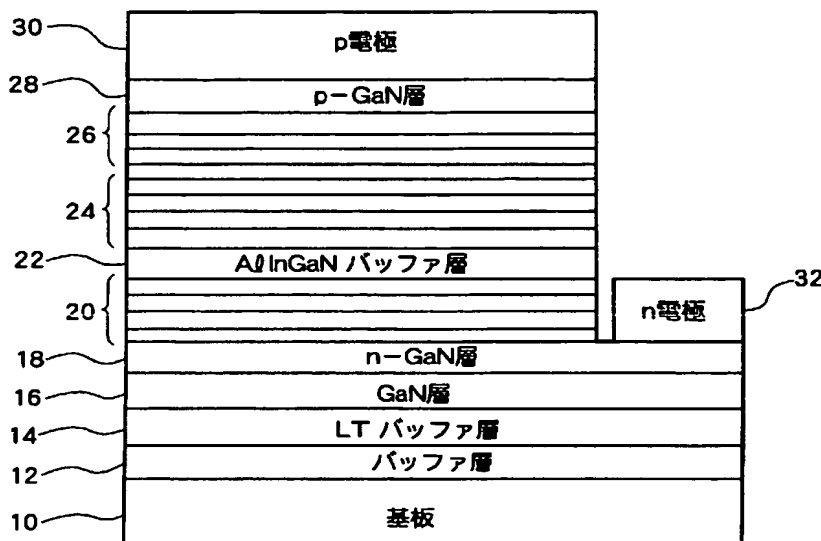
(10) 国際公開番号
WO 2004/008551 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 33/00 SEMICONDUCTORS CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒771-0360 徳島県 鳴門市瀬戸町明神字板屋島 1 1 5 番地の 7 Tokushima (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008365
- (22) 国際出願日: 2003 年 7 月 1 日 (01.07.2003) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 酒井 士郎 (SAKAI,Shiro) [JP/JP]; 〒770-8072 徳島県 徳島市 八万町中津浦 1 7 4-4 Tokushima (JP). 菅原 智也 (SUGAHARA,Tomoya) [JP/JP]; 〒352-0001 埼玉県 新座市東北 1 丁目 9 番地 8 号 デイマンシュ 2 0 3 号 Saitama (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-206581 2002 年 7 月 16 日 (16.07.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ナイトライド・セミコンダクター株式会社 (NITRIDE (74) 代理人: 吉田 研二, 外 (YOSHIDA,Kenji et al.); 〒180-0004 東京都 武蔵野市吉祥寺本町 1 丁目 3 4 番 1 2 号 Tokyo (JP).

/続葉有/

(54) Title: GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 窒化ガリウム系化合物半導体装置



30...p-ELECTRODE
28...p-GaN LAYER
22...Al InGaN BUFFER LAYER
18...n-GaN LAYER
16...GaN LAYER
14...LT BUFFER LAYER
12...BUFFER LAYER
10...SUBSTRATE
32...n-ELECTRODE

(57) Abstract: An LED emitting light of wavelength mainly 375 nm or below. The LED includes a GaN layer (16), an n-clad layer (20), an AlInGaN buffer layer (22), a light emitting layer (24), a p-clad layer (26), a p-electrode (30), and an n-electrode (32) arranged on a substrate (10). The light emitting layer (24) has a multi-layer quantum well structure (MQW) in which an InGaN well layer and an AlInGaN barrier layer are superimposed. The quantum well structure increases the effective band gap of the InGaN well layer and reduces the light emitting wavelength. Moreover, by using the AlInGaN buffer layer (22) as the underlying layer of the light emitting layer (24), it is possible to effectively inject electrons into the light emitting layer (24), thereby increasing the light emitting efficiency.

(57) 要約: 主に波長 375 nm 以下で発光する LED。LED は基板 (10) 上に GaN 層 (16)、n-クラッド層 (20)、AlInGaN バッファ層 (22)、発光層 (24)、p-クラッド層 (26)、p 電極 (30)、n 電極 (32) を含んで構成される。発光層 (24) は、InGaN 井戸層と AlInGaN バリア層を積層した多層量子井戸構造 (MQW) である。量子井戸構造により InG

/続葉有/



(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

a N井戸層の実効的なバンドギャップを拡大させて発光波長を短波長化する。また、発光層 (24) の下地層に A l l n G a Nバッファ層 (22) を用いることで電子を効率的に発光層 (24) に注入し、発光効率を増大させる。

窒化ガリウム系化合物半導体装置

技術分野

本発明は窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体装置、特に約 375 nm 以下の波長帯で主に発光する発光素子の構造に関する。

背景技術

従来より、InGaN を発光層とした波長 375 nm ~ 600 nm 帯の LED が開発されている。In_xGa_{1-x}N は、In 組成 x を変化させることで発光波長が変化する。すなわち、In 組成 x が増大するほど発光波長が長波長側にシフトし、 $x = 0$ の場合 (GaN) の 363 nm から $x = 1$ の場合 (InN) の 600 nm まで変化する。

一方、最近においては波長 375 nm 以下の短波長あるいは紫外線 (UV) LED の開発が盛んに行われている。このような短波長 LED は、例えば蛍光体と組み合わせた白色光源や殺菌作用を利用した応用が可能となる等、その需要は極めて大きい。しかしながら、InGaN を発光層とした LED では、発光波長が 375 nm 以下になると In 組成 x が非常に小さくなり、In 組成揺らぎが減少して発光効率が著しく低下してしまう。さらに、波長 363 nm 以下の発光は、InGaN を発光層とする限り原理的に不可能である。

発明の開示

本発明は、主に波長 375 nm 以下においても発光効率の優れる GaN 系化合物半導体装置を提供する。

本発明は、基板上に形成された GaN 系発光層を有する窒化ガリウム系化合物半導体装置であって、前記発光層は、InGaN 井戸層と AlInGaN バリア層を積層した多層量子井戸層 (MQW) を含むことを特徴とする。AlInGaN バリア層のバンドギャップは InGaN のバンドギャップより広く、InGa

N井戸層の実効的バンドギャップが拡大して発光波長が短波長化する。また、AlInGa_Nをバリア層として用いることで、InGa_N井戸層との格子不整合が小さくなり、歪みを低減して発光効率を向上させる。

前記InGa_N井戸層のIn組成比は、例えば5%以上15%以下とすることができる。前記InGa_N井戸層の厚さは、例えば1nm以上2nm以下とすることができる。

また、前記AlInGa_Nバリア層のAl組成比は、例えば14%以上40%以下とすることができる。AlInGa_Nバリア層のIn組成比は、例えば0.1%以上5%以下とすることができる。

本発明において、さらに、前記発光層に隣接したAlInGa_Nバッファ層を有してもよい。発光層に隣接してAlInGa_Nバッファ層を設けることで、キャリアを効率的に発光層に注入して発光効率を向上させる。

前記AlInGa_Nバッファ層のAl組成比は、例えば0.5%以上40%以下とすることができる。AlInGa_Nバッファ層のIn組成比は、例えば0.1%以上5%以下とすることができる。

図面の簡単な説明

図1は、実施形態にかかるLEDの構成図である。

図2は、図1における発光層の詳細構成図である。

図3は、バリア層中に流すTMAの流量と出力パワーとの関係を示すグラフ図である。

図4は、バッファ層中に流すTMAの流量と出力パワーとの関係を示すグラフ図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づき本発明の実施形態について、半導体装置として発光素子、特にLEDを例にとり説明する。

図1には、本実施形態におけるLEDの構成が示されている。サファイアなどの基板10上に順次、SiNバッファ層12、低温(LT)成長バッファ層14、

アンドープGa_{0.9}N層16が形成される。これらは、転位を低減するための層である。アンドープGa_{0.9}N層16上に動作電圧を低くするためのn-Ga_{0.9}N層18が形成される。n-Ga_{0.9}N層18上に、n-クラッド層20としてGa_{0.9}NとAlGa_{0.1}Nを交互に積層した(n-Ga_{0.9}N/n-AlGa_{0.1}N)のSLS(Strained Layer Superlattice:歪み超格子)層が形成される。そして、n-クラッド層20上に、AlInGa_{0.1}Nバッファ層22及び発光層24が形成される。発光層24は後述のごとく、InGa_{0.9}N井戸層とAlInGa_{0.1}Nバリア層を積層した多層量子井戸MQWからなる。発光層24上にp-クラッド層26としてGa_{0.9}NとAlGa_{0.1}Nを積層した(p-Ga_{0.9}N/p-AlGa_{0.1}N)のSLS層が形成される。すなわち、本実施形態のLEDは、AlInGa_{0.1}Nバッファ層22とMQW発光層24をn-クラッド層20及びp-クラッド層26で挟んだ構成である。p-クラッド層26上に動作電圧を低くするためのp-Ga_{0.9}N層28が形成され、さらにp-Ga_{0.9}N層28上にp電極30が形成される。一方、n-Ga_{0.9}N層18の一部を露出させ、その上にn電極32が形成される。各層は、MOCVD装置を用い、MOCVD法で成長される。

従来においては、発光層24としてInGa_{0.9}N等が用いられているが、本実施形態においては発光層24としてInGa_{0.9}N井戸層とAlInGa_{0.1}Nバリア層を交互に積層した多層量子井戸MQWが用いられており、さらに発光層24をn-クラッド層20及びp-クラッド層26で挟む際に、発光層24に隣接させてAlInGa_{0.1}Nバッファ層22が形成されている。

以下、発光層24及びバッファ層22について説明する。

図2には、図1における発光層24の構成が示されている。発光層24は、InGa_{0.9}N井戸層24bとAl_xIn_yGa_{1-x-y}Nバリア層24aを交互に積層して構成される。ここで、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ である。InGa_{0.9}N井戸層24bの厚さは例えば1.5nmであり、AlInGa_{0.1}Nバリア層24aの厚さは例えば12nmである。繰り返し数は例えば7ペア(14層)である。AlInGa_{0.1}Nバリア層24aのバンドギャップはInGa_{0.9}N井戸層24bのバンドギャップよりも広い。p電極30及びn電極32に順方向バイアスを印加すると、InGa_{0.9}N井戸層24bにて電子と正孔が結合して発光する。InGa_{0.9}N単層では原

理的に波長 363 nm 以下での発光は不可能であるが、井戸層とバリア層を交互に積層した MQW とすることで、InGa_N 井戸層 24b の実効的バンドギャップが拡大される。実効バンドギャップの拡大により、波長 363 nm 以下での発光が可能となる。発光領域である InGa_N 井戸層 24b は In 組成が比較的大きく（例えば、In 組成 $x = 10\%$ ）、In 組成揺らぎも大きいため発光効率が高い。すなわち、組成に空間的な揺らぎがあるとキャリアの局在化が起こり、たとえ InGa_N 内に転位が生じていても発光効率は低下しにくい。

また、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ バリア層 24a も In を含むため ($y > 0$)、In の組成揺らぎが生じ、井戸層 24b と同様の理由でキャリアの局在化が生じ転位の存在によらず発光効率の低下が抑制される。バリア層 24a として In を含まない AlGa_N バリア層を用いた場合と比較すると、AlInGa_N では InGa_N 井戸層 24b との格子不整合が小さく、格子不整合転位が生じにくく結晶性が高いというメリットがある。また、転位が発生しない場合であっても、AlInGa_N では井戸層 24b とバリア層 24a に生じる歪みが小さくなる。これらの層を c 面成長させ、面内に圧縮あるいは引張応力が印加された場合、六方晶窒化物半導体は圧電性により c 軸方向に電界が発生する。この電界は、井戸層 24b 中に注入された電子正孔対を逆方向に移動させ、それらの波動関数の空間重なりを小さくして再結合率を小さくしてしまう。すなわち、井戸層 24b に歪みがあると発光効率は低下する。このような効果（量子閉じ込めシュタルク効果）は、特に井戸層 24b が広い場合に顕著に生じるが、井戸層 24b が狭い場合であっても多少の影響はあり得る。本実施形態においては、バリア層 24a として AlInGa_N を用いて格子不整合を小さくし、井戸層 24b の歪みを抑制しているため、量子閉じこめシュタルク効果による発光効率の低下も抑制される。

このように、発光層 24 において InGa_N 井戸層 24b を薄く、AlInGa_N バリア層 24a のバンドギャップを広くすることで、量子効果により InGa_N 井戸層 24b の実効的なバンドギャップを広げて発光波長 360 nm 以下を達成できる。この点で、例えば InGa_N ではなく AlInGa_N を発光層として用いる波長 380 nm 以下の LED と本質的に異なる。

InGa_N を発光層とする LED の場合、InGa_N 層の厚さが 2 nm 以下に

なると発光効率が低下してしまう。これは、井戸層に閉じ込められた電子と正孔の波動関数がバリアの中（井戸の外）にしみ出し、バリア中での再結合の寄与が大きくなってしまうためである。本実施形態でも量子効果を生じさせるためにInGa_N井戸層24bは2nm以下（例えば1.5nm）と薄くすることが必要であるが、本実施形態の発光層24はInGa_N薄膜を発光層とした場合に生じる発光効率の低下は生じない。その理由は、バリア層24aとしてAlInGa_Nを用いているため、上述したようにInGa_N井戸層24bのバンドギャップが実効的に拡大し、波動関数のバリア層24aへのしみ出しが小さくなっているためである。

なお、バリア層24aであるAlInGa_NはAlを含むためにその成長温度はInGa_Nの成長温度（650℃～750℃）より高い温度（例えば800℃）とする必要がある。このように750℃以上の温度で成長させることで、バリア層24aの結晶性も高くなる。

一方、バッファ層22はAlInGa_Nで構成される。バッファ層22はAlを含むため、バンドギャップが広くなり、InGa_Nである井戸層24bよりも広くなる。この層22により井戸層24bへの電子の注入効率が向上し、逆に正孔がバッファ層22に流れこむ量を小さくして、電子・正孔を効率的に井戸層24b内に閉じ込める。バッファ層22のAl組成は、例えば40%程度に設定できる。

以下、図1及び図2に示されたLEDの製造方法について具体的に説明する。本実施形態のLEDは以下のプロセスを経て製造される。すなわち、常圧MOCVD装置にて、サファイアc面基板10を反応管内のサセプタに載置し、1100℃にて水素雰囲気中で10分間熱処理する。その後、温度を500℃まで下げる。モノメチルシランガスとアンモニアガスをガス導入管から100秒間流し、基板10上に不連続的に（或いは島状に）SiNバッファ層12を成長させる。次に、同じ温度で厚さ25nmのGa_Nバッファ層（LTバッファ層）14をトリメチルガリウム及びアンモニアガスをガス導入管から供給して成長させる。そして、温度を1075℃まで上げ、再びトリメチルガリウム及びアンモニアガスを供給して厚さ2μmのアンドープGa_N層16を成長させ、次にモノメチルシ

ランガスを加えたSiドープのn-GaN層（n電極層）18を1.0 μm 成長させる。n-GaN層18中のキャリア密度はおよそ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

次に、同一温度でSiドープのn-Al_{0.1}Ga_{0.9}N（2 nm）/Siドープのn-GaN（2 nm）を50ペア成長させてSLS構造としn-クラッド層20を成長させる。Alの原料としてはトリメチルアルミニウム（TMA）が用いられる。n-クラッド層20の平均電子密度は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。その後、温度を800℃程度まで下げてアンドープAl_{0.05}In_{0.01}Ga_{0.94}Nバッファ層22を成長させる。バッファ層22の厚さは36 nmである。成長温度が800℃と低いため、その抵抗率は高くなる。AlInGa_{0.94}Nバッファ層22を成長させた後、同じ800℃でアンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N（1.5 nm）/アンドープAl_{0.2}In_{0.1}Ga_{0.7}N（95 nm）を7ペア成長させてMQW発光層24を成長させる。発光層24の合計厚さは95 nmである。

その後、温度を975℃まで上げてMgドープのp-Al_{0.1}Ga_{0.9}N（2 nm）/Mgドープのp-GaN（1 nm）を50周期成長させてSLS構造のp-クラッド層26を成長させ、さらに厚さ20 nmのp-GaN層（p電極層）28を成長させる。SLSのp-クラッド層26及びp-GaN層28中の正孔濃度はそれぞれ $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

表1に、各層の構造、組成、膜厚、成長温度を示す。

表 1

名称	構造	組成	膜厚	成長温度
p電極層	p ⁺ -GaN		20nm	975
pクラッド層	p-(GaN1nm/AlGa _{0.9} N2nm) 50 SLS	Al: ~10%	150nm	975
発光層(井戸層/バリア層)	InGa _{0.94} N1.5nm/AlInGa _{0.94} N 12nm 7MQW	井戸(In: ~10%), 障壁(In: 1%, Al~20%)	95nm	800
バッファ層	Si-AlInGa _{0.94} N36nm	In: 1%, Al~5%	36nm	800
nクラッド層	n-(GaN2nm/AlGa _{0.9} N2nm) 50 SLS	Al: ~10%	200nm	1075
n電極層	n-GaN		1 μm	1075
アンドープGaN層	u-GaN		2 μm	1075
低温成長バッファ層	LT-GaN		25nm	500
SiNバッファ層	SiN			500
基板	サファイア			

なお、上記の表における各数値は例示であり、他の組み合わせも可能である。例えば、 n -クラッド層20としてSiドープの n - $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ (1.6 nm) / Siドープの n - GaN (1.6 nm) を50ペア成長させてSLS構造とし、バッファ層22として $\text{Al}_{0.4}\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.59}\text{N}$ を20 nm形成し、発光層24として $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 量子井戸層 (1.5 nm) / $\text{Al}_{0.4}\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.59}\text{N}$ バリア層 (10 nm) を3ペア成長させ、 p -クラッド層26としてMgドープの GaN (0.76 nm) / $\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ (1.5 nm) を50ペア形成してもよい。また、各層を成長させるときの成長温度も例示であり、例えばバッファ層22や発光層24を840℃で成長させてもよい。

以上のようにして各層を順次成長させた後、ウエハをMOCVD装置から取り出し、Ni (10 nm)、Au (10 nm) を順次真空蒸着して表面に形成し、5%の酸素を含む窒素ガス雰囲気中、520℃で熱処理して蒸着金属膜を p 透明電極30とする。その後、全面にフォトリジストを塗布し、 n 電極形成のためのエッチングをフォトリジストをマスクとして用いる。エッチングにより露出した n - GaN 層18上にTi (5 nm)、Al (5 nm) を真空蒸着し、窒素ガス中、450℃で30分間熱処理して n 電極32を形成する。 p 電極30及び n 電極32の一部にワイヤボンディング用の厚さ500 nmの金パッドを形成し、基板10の裏面を100 μm まで研磨してスクラブによりチップを切り出し、マウントしてLEDデバイスが得られる。

以上のようにして作成されたLEDデバイスを積分球の中に入れ、電流を注入してLEDデバイスから出射した全光出力を測定した。光出力は注入電流20 mA時におよそ1.6 mWであった。発光波長は、2インチ直径のウエハ面内で多少のばらつきはあるものの、360 nm \pm 5 nmの範囲であった。

次に、発光層24におけるAlInGa**N**バリア層24aのバンドギャップの影響を確認すべく、バリア層24aの成長中に流す各種ガスのうち、TMA (トリメチルアルミニウム) の流量のみを変化させてLEDデバイスを作成し、作成したLEDの発光効率を調べた。

図3にその結果が示されている。横軸はバリア層24a成長中のTMA流量 (フローレート: s c c m) であり、容器に流し込むガスの流量を相対値で示し

たものである。縦軸は発光強度の相対値で、積分球を使って測定した値のおよそ $1/4$ である。TMA流量を 7 sccm から 10 sccm に増加させると、発光効率は 2.6 倍になる。この状態で成長させたバリア層 24 a の組成は、In 組成比が約 1% 、Al 組成比が約 20% である。Al 組成比は TMA 流量にほぼ比例するため、バリア層 24 a の Al 組成比は 14% ($20 \times 7\text{ sccm} / 10\text{ sccm}$) より大きいことが発光効率の観点から望ましい。一方、あまりに Al 組成比が大きいと電流注入が行われにくくなり、動作電圧も高くなる。したがって、バリア層 24 a の Al 組成比はその下限が発光効率から規定され、上限は動作電圧から規定されることとなり、具体的には 14% 以上 40% 以下が望ましく、 16% 以上 40% 以下がより望ましい。

また、バリア層 24 a の In 組成比については、In 組成比が増大するとともにバンドギャップが狭くなるので、In 組成比は小さい方が望ましいが、In 組成比がゼロの場合には発光効率が激減する。これは、In 組成揺らぎがバリア層 24 a 中で生じ、発光効率改善に寄与しているためと考えられる。したがって、バリア層 24 a の In 組成比はその下限が組成揺らぎ量から規定され、上限がバンドギャップから規定されることとなり、具体的には 0.1% 以上 5% 以下が望ましく、 0.1% 以上 3% 以下がより望ましい。バリア層 24 a の組成の一例は、Al の組成比を 40% 、In の組成比を 1% とした $\text{Al}_{0.4}\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.59}\text{N}$ である。

一方、井戸層 24 b の In 組成比は、小さすぎると In 組成揺らぎが小さくなって発光効率が低下し、In 組成比が大きすぎると発光波長が長波長側にシフトしてしまう。したがって、最適な In 組成比は要求される発光波長と井戸層 24 b の厚さに依存して決定される。例えば、発光波長が 360 nm の場合には、 5% 以上 15% 以下が望ましく、 5% 以上 13% 以下がより望ましい。井戸層 24 b の組成の一例は、In の組成比を 5% とした $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ である。厚さに関しては、量子効果を出現させるべく 1 nm 以上 2 nm 以下が望ましく、 1.3 nm 以上 1.8 nm 以下がより望ましい。井戸層 24 b の厚さを 3 nm 以上とすると、発光波長は 400 nm となることを確認している。井戸層 24 b 及びバリア層 24 a の成長温度は、上述したように 750°C 以上が望ましく、 770°C

以上（例えば800℃）がより望ましい。

次に、発光層24におけるバリア層24aの成長中に流すTMAの流量を10 sccmに固定し、AlInGa_Nバッファ層22成長中に流すTMAを変化させて発光効率の変化を測定した。

図4にその結果が示されている。図において、横軸はTMA流量（フローレート）であり相対値である。縦軸は出力パワーの相対値である。TMA流量を増大させるとバッファ層22におけるAl組成比が増大する。TMA流量をゼロから3 sccmに増加すると発光強度が2.7倍になる。さらにTMA流量を10 sccmまで増加すると発光強度は逆に低下する。TMAがゼロの場合に発光強度が弱いのは、バッファ層22のバンドギャップが狭いため（Al組成比が0であるため）電子がバッファ層22から発光層24に有効に注入されないため、あるいは正孔がバッファ層22中に流れ出して正孔の井戸層24b中の閉じこめが不十分であるため、と考えられる。一方、Al組成比が大きすぎると発光効率が低下するのは、結晶性が低下するため、及びこの層のバンドギャップが広くなり過ぎ、n-クラッド層20から電子が注入されにくくなるためと考えられる。

したがって、AlInGa_Nバッファ層22のAl組成比は0.5%以上40%以下が望ましく、1%以上40%以下がより望ましい。AlInGa_Nバッファ層22のIn組成比については、In組成比がゼロの場合に発光効率が激減することを確認している。これは、In組成の揺らぎがバッファ層22内で起き、発光効率の改善に寄与しているためと考えられる。したがって、AlInGa_Nバッファ層22のIn組成比は0.1%以上5%以下が望ましく、0.1%以上3%以下がより望ましい。AlInGa_Nバッファ層22の組成の一例は、Al組成比を40%、In組成比を1%としたAl_{0.4}In_{0.01}Ga_{0.59}Nである。

このように、本実施形態では、発光層24として所定の組成範囲のInGa_N井戸とAlInGa_Nバリア層を交互に積層してなる多層量子井戸構造を用いてInGa_Nの実効的バンドギャップを拡大して340nm～375nmの発光を可能とし、また、バリア層としてAlInGa_Nを用いることで発光効率を向上させ、さらに発光層に隣接して所定の組成範囲のAlInGa_Nバッファ層22を設けることでキャリアを効率的に注入して発光効率を向上させることができる。

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく種々の変更が可能である。

例えば、本実施形態ではS i Nバッファ層1 2を形成しているが、転位を抑制するためのものであり、必要に応じてS i Nバッファ層1 2を形成しなくてもよい。

また、S i Nバッファ層1 2と低温（L T）成長バッファ層1 4を低温成長のG a N Pバッファ層で置き換えることも可能である。

請 求 の 範 囲

1. 基板上に形成されたGaN系発光層を有する窒化ガリウム系化合物半導体装置であって、

前記発光層は、InGaN井戸層とAlInGaNバリア層を積層した多層量子井戸層を含むことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

2. 請求項1記載の装置において、

前記InGaN井戸層のIn組成比は5%以上15%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

3. 請求項1記載の装置において、

前記InGaN井戸層のIn組成比は5%以上13%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

4. 請求項1記載の装置において、

前記InGaN井戸層の厚さは1nm以上2nm以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

5. 請求項1記載の装置において、

前記InGaN井戸層の厚さは1.3nm以上1.8nm以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

6. 請求項1記載の装置において、

前記AlInGaNバリア層のAl組成比は14%以上40%以下であり、In組成比は0.1%以上5%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

7. 請求項1記載の装置において、

前記AlInGaNバリア層のAl組成比は16%以上40%以下であり、In組成比は0.1%以上3%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

8. 請求項1記載の装置において、さらに、

前記発光層に隣接したAlInGaNバッファ層
を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

9. 請求項8記載の装置において、

前記AlInGaNバッファ層のAl組成比は0.5%以上40%以下であり、In組成比は0.1%以上5%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

10. 請求項8記載の装置において、

前記AlInGaNバッファ層のAl組成比は1%以上40%以下であり、In組成比は0.1%以上3%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

11. 請求項1記載の装置において、

前記InGaN井戸層及びAlInGaNバリア層は、750℃以上で形成されたものであることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

図 1

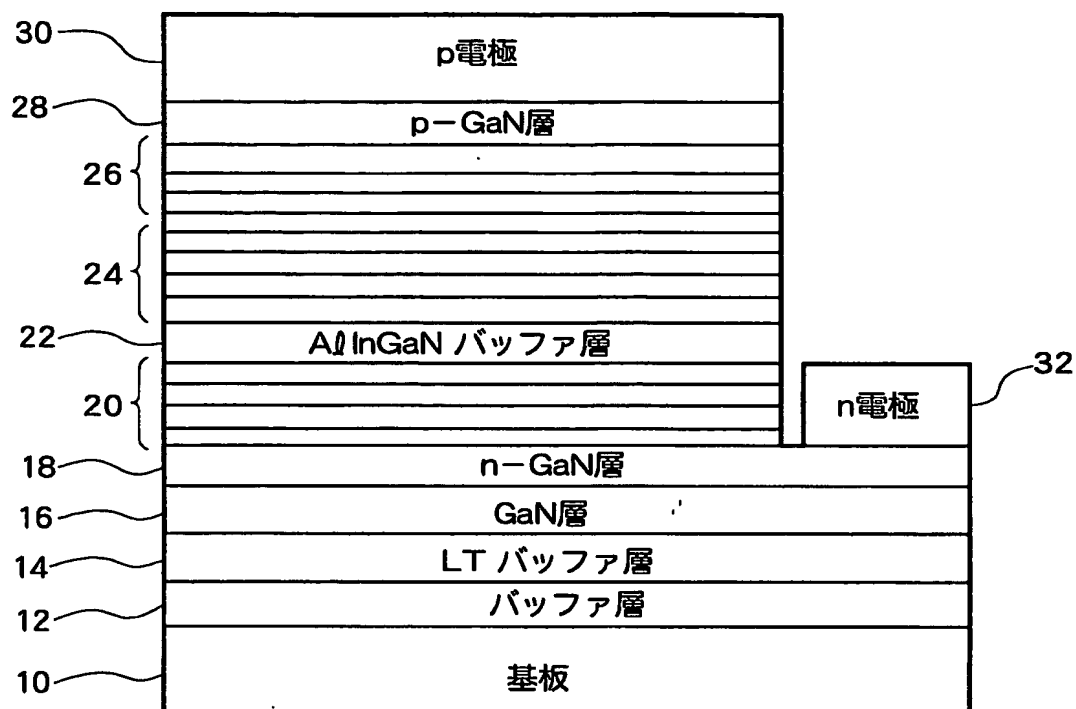


図 2

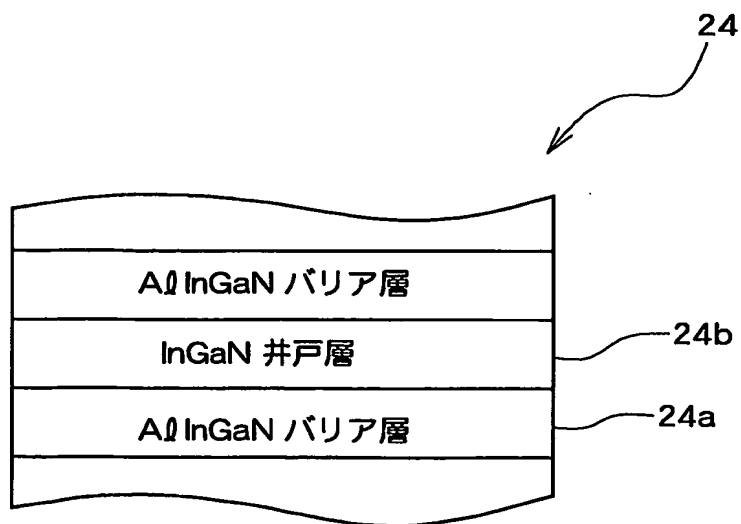


図 3

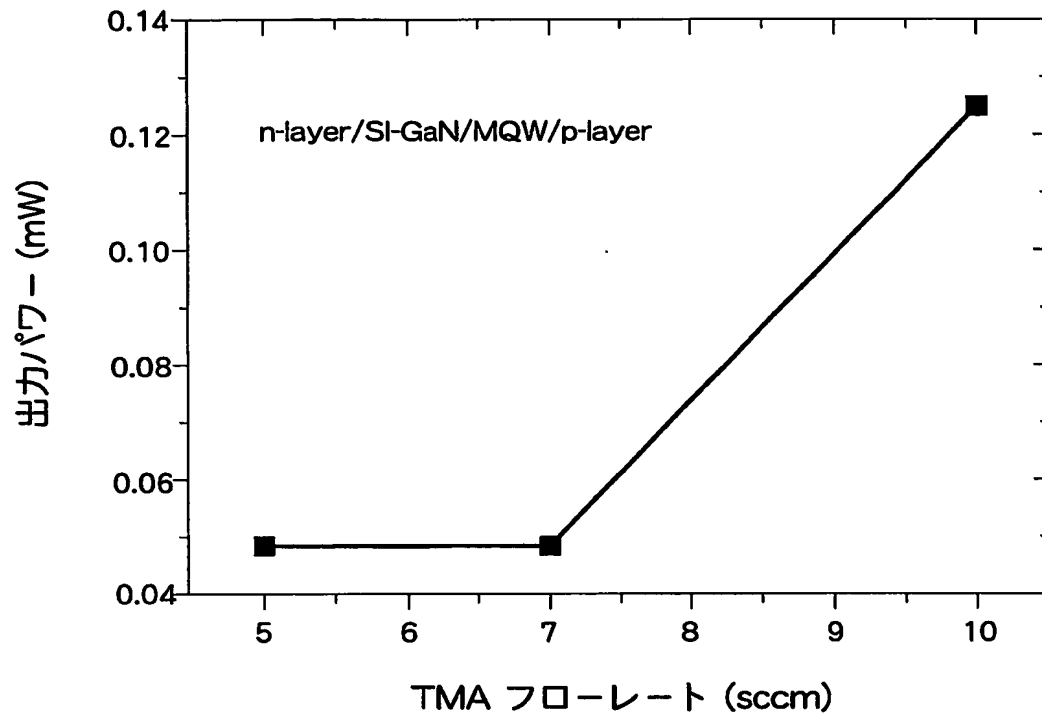
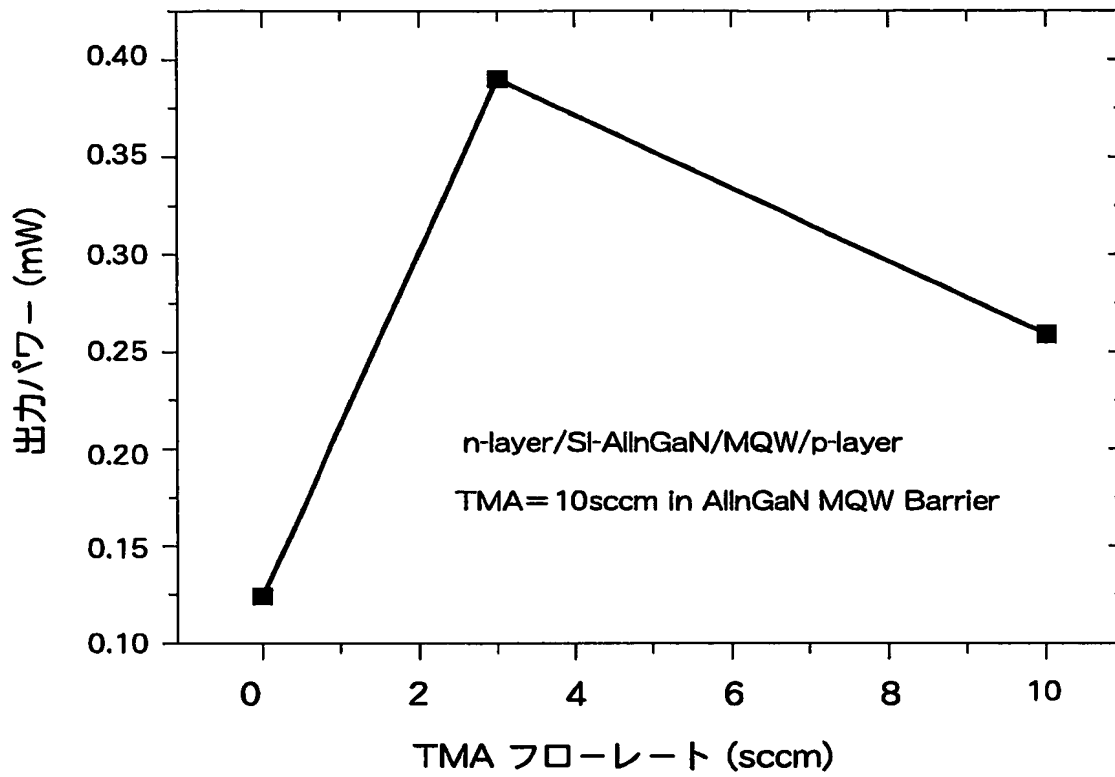


図 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/08365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-270756 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 09 October, 1998 (09.10.98), Fig. 3	1
Y		2-11
Y	Par. No. [0042] (Family: none)	11
Y	JP 2000-232259 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 22 August, 2000 (22.08.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-11
Y	JP 10-51074 A (Fujitsu Ltd.), 20 February, 1998 (20.02.98), Par. Nos. [0037] to [0040] (Family: none)	8-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
03 October, 2003 (03.10.03)

Date of mailing of the international search report
21 October, 2003 (21.10.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/08365

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-303458 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 13 November, 1998 (13.11.98), Fig. 1 (layer 14) (Family: none)	8-10
A	JP 2000-315838 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 14 November, 2000 (14.11.00), Par. No. [0069] & WO 00/52796 A1 & EP 1168539 A1	1-11
A	JP 2001-345478 A (Shiro SAKAI), 14 December, 2001 (14.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H 0 1 L 3 3 / 0 0

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H 0 1 L 3 3 / 0 0

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y Y	JP 10-270756 A (三洋電機株式会社) 1998. 10. 09 (ファミリーなし) 図 3 段落0042	1 2-11 11
Y	JP 2000-232259 A (三洋電機株式会社) 2000. 08. 22 (ファミリーなし) 全文全図	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 3 . 1 0 . 0 3

国際調査報告の発送日

21. 10. 03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

近 藤 幸 浩

印

2 K

8 4 2 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 3

C (続き) . 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-51074 A (富士通株式会社) (ファミリーなし) 段落0037-0040	1998. 02. 20	8-10
Y	JP 10-303458 A (豊田合成株式会社) (ファミリーなし) 図 1 (層14)	1998. 11. 13	8-10
A	JP 2000-315838 A (日亜化学工業株式会社) & WO 00/52796 A1 & EP 1168539 A1 段落0069	2000. 11. 14	1-11
A	JP 2001-345478 A (酒井士郎) (ファミリーなし) 全文全図	2001. 12. 14	1-11